



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06176112 A**(43) Date of publication of application: **24.06.94**(51) Int. Cl. **G06F 15/60**(21) Application number: **04323984**(22) Date of filing: **03.12.92**(71) Applicant: **HITACHI LTD**(72) Inventor: **YOKOHARI TAKASHI
NISHIGAKI ICHIRO**(54) **MODELING SYSTEM**

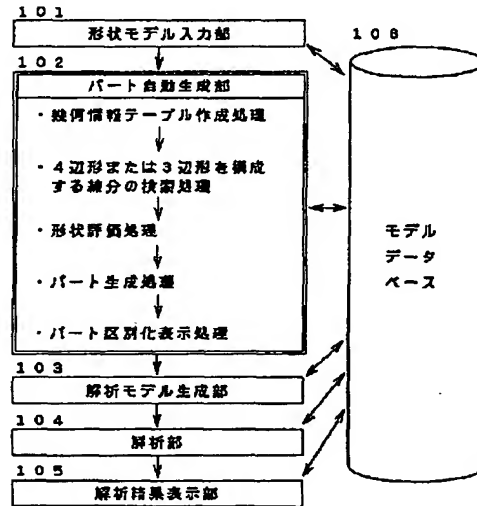
an analyzed result display part 105.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

PURPOSE: To simplify part generation work and to obtain the objective evaluation means of a part form by automatically detecting a square area or a triangular area from a geometric model.

CONSTITUTION: At first, a two-dimensional plane model or a three-dimensional shell model is generated by using a geometric model input part 101 and appropriate auxiliary segments for generating the part are added. An automatic part generation part 102 automatically extracts the square and the triangle area from the geometric model generated in the geometric model input part 101, defines them as a square part and a triangle part, evaluates the sizes of respective sides constituting the part and the geometric form of an interior angle, and discriminates/displays them in accordance with the degree of the justness of the part form. The square or triangle part generated in the automatic part generation part 102 is thinned by using an analysis model generation part 103 and a finite element mesh is generated. Analysis is executed in an analysis part 104 and an analyzed result is displayed in



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-176112

(43)公開日 平成6年(1994)6月24日

(51)Int.Cl.⁵

G 0 6 F 15/60

識別記号

4 5 0

庁内整理番号

7922-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数1(全14頁)

(21)出願番号 特願平4-323984

(22)出願日 平成4年(1992)12月3日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 横張 孝志

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 西垣 一朗

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

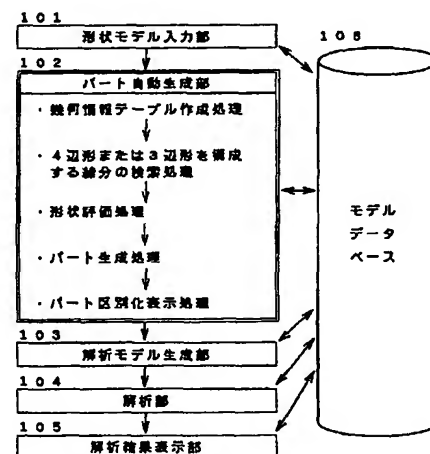
(54)【発明の名称】 モデリングシステム

(57)【要約】

【構成】補助線分が追加されている形状モデルを認識する手段により、形状モデルの全ての線分を検索し、線分の両端点の座標、線分の長さ、線分間の角度、線分相互の連結状態等进行检查する。それより四辺形あるいは三角形を構成している線分を選出し、それらの線分間に面を生成してパートを定義する。同時に、この処理で得られた情報からパート形状の幾何特徴を評価して表示装置に表示する。

【効果】形状モデルに補助線分を追加してパートを作成する方法において、分割された形状モデルの四辺形あるいは三角形を操作者が逐一指示する必要が無く、さらに、パート形状の適正の度合いを客観的に評価して表示するので、必要に応じて操作者がパート形状を修正することで解析精度の高いパートの作成が可能となる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 計算機を用いて形状モデル入力、解析モデル作成、解析、解析結果の表示等を行う機械系CAEシステムにおいて、形状モデルに追加した補助線分に基づき、四辺形あるいは三角形の部分領域を検出し、四辺形パートあるいは三角形パートを生成するパート自動生成部を備えたことを特徴とするモデリングシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、機械系CAEシステムにおける形状モデルから有限要素法等の解析を行うためのメッシュモデルを作成する際の、四辺形パートおよび三角形パートの自動生成方式とパート形状の評価方式に関する。

【0002】

【従来の技術】 機械系CAEシステムにおいて、3次元シェルモデルや平面モデル等の板状の構造物を解析するためのメッシュモデルを作成する方法としては、凹凸や穴のある任意の形状モデルに対し、全体を一括して認識して直接的にメッシュモデルを生成することが困難であるため、予め形状モデルを部分領域に分割するための適当な補助線分を追加し、それらの線分を逐一指示して、対話的に四辺形や三角形のパートを作成した後、個々のパートの境界線にメッシュ分割数を与えてメッシュモデルを作成する方法、または、四辺形パートあるいは三角形パートを予め積み木細工のように組み合わせて形状モデルを作成し、個々のパートの境界線にメッシュ分割数を与えてメッシュモデルを作成する方法、さらに、形状モデルを数学的手法により矩形領域の集合に正規化し、その正規化したモデルに対して解析プログラムに適したメッシングを施し、それを元の形状モデルに写像する方法等がある。

【0003】 機械系CAEシステムにおける、形状モデリングやメッシング技術をまとめて紹介した文献として、中島、矢川：「計算力学と機械系CAD：統合化と支援環境」機械の研究、第43号、第9号～第10号（1991）があげられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 形状モデルに補助線分を追加して対話的にパートを作成する方法では、形状モデルが四辺形と三角形で完全に分割されているかを人手で確認することが困難であり、また、四辺形や三角形を構成している線分を逐一指示してパートを作成するのは煩わしい。さらに、解析精度に係わるパート形状を客観的に評価する手段が必要である。本発明の目的は、形状モデルから四辺形領域あるいは三角形領域を自動的に検出してパート作成作業を簡易化することと、パート形状の客観的評価手段を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】 補助線分が追加されてい

る形状モデルを認識する手段により、形状モデルの全ての線分を検索し、線分の両端点の座標、線分の長さ、線分間の角度、線分相互の連結状態等を検査する。それより四辺形あるいは三角形を構成している線分を選出し、それらの線分間に面を生成してパートを定義する。同時に、この処理で得られた情報からパート形状の幾何特徴を評価して表示装置に表示する。

【0006】

【作用】 形状モデルは境界表現法(Boundary representation)等の形状情報記述手法を用いて形状モデルデータベースに格納されており、形状モデルに追加された補助線分の情報も同データベースに格納されている。形状モデルを認識する手段は、形状モデルデータベースを検索して、四辺形あるいは三角形を構成する閉じた線分群を選出する。この四辺形あるいは三角形の閉じた線分群を境界とする部分面をパートと称する。パートを重複して定義することを防止するため、形状モデルの境界線に関してはその始点から終点方向あるいは終点から始点方向のいずれか1方向に、また、形状モデルに追加された補助線分および形状モデル中の相貫線（面と面の接合線）に関しては始点から終点方向および終点から始点方向の2方向にそれぞれ1回だけ検査する。このようにして得られた4または3個の線分をパートの境界線とするパートデータを作成し、パートモデルデータベースに格納する。個々のパートの寸法や内角等の幾何特徴情報は前述の形状モデル認識手段により既に求まっているので、解析精度を下げる要因となる歪んだパート、つまり、パートを構成する線分の長さが極端に異なるパート（例えば、対辺の長さの比が1：5以上あるパート）と、内角が大きいパート（例えば、160度以上の内角が存在するパート）と、内角が小さいパート（例えば、20度以下の内角が存在するパート）、および、四辺形パートと比較して一般に解析精度が劣る三角形パートを検出して、表示装置に操作者の注意を促す形態（目立つ色でパートを塗りつぶす、他と異なるハッチングパターンを使用する等）で表示する。それを見た操作者は必要であれば形状モデルに追加した線分を修正し、パート定義からの操作を繰り返す。

【0007】

【実施例】 本発明の実施例を図1から図15を用いて説明する。図1は本発明の全体構成図である。最初に形状モデル入力部101を用いて2次元面モデルまたは3次元シェルモデルの作成と、パートを生成するための適当な補助線分の追加を行う。但し、3次元シェルモデルは複数の板状要素より構成されているので、3次元シェルモデルから順次取り出した1面を2次元平面上に展開して実施する。形状モデル入力部はディスプレイ、キーボード、マウス等の計算機入出力装置を具備し、主に操作者が対話的に行うものである。パート自動生成部102は、形状モデル入力部で作成された形状モデルから自動

的に四辺形領域や三角形領域を抽出して、それぞれ四辺形パートおよび三角形パートとして定義すると同時に、パートを構成する各辺の寸法や内角等の幾何形状を評価して、パート形状の適正の度合いに応じて区別化して表示する。その後、解析モデル生成部103を用いて、パート自動生成部で作成した四辺形あるいは三角形パートを細分化して有限要素メッシュを作成し、解析部104で解析を行い、解析結果表示部105で解析結果を表示する。形状モデルデータや解析モデルデータ、パートデータ、さらに解析結果等、一連の処理で得られたデータは全てモデルデータベース106に格納される。

【0008】図2から図4は図1を補足するものであり、図2は形状モデル入力部101で作成した形状モデルの例である。形状モデルは直線あるいは円弧などの曲線から構成されており、形状モデルの最外形ループの内側に穴(201)や相貫線(面と面の接合線)が存在していてもよい。図3は図2の形状モデルにパートを生成するための適当な補助線を追加した状態を表す例である。操作者は穴や相貫線を有する形状モデルに対し、四辺形あるいは三角形パートの作成を前提として、形状モデル入力部101を用いて対話的に補助線を追加する。補助線は形状モデルの面上に存在する部分のみを有効とし、線分の検索処理においては相貫線と同等に扱う。図4はパート形状の適正の度合いに応じて、パートを区別化して表示した例である。補助線は形状モデルを分割するために操作者が任意に追加したものである。パートの形状としては不適当なものが存在する可能性がある。そこで、パート自動生成部で作成された複数のパートは、図4に示すように、歪みの少ないパート401、極端な鈍角あるいは鋭角を持つパート(例えば、四辺形パート402には、20度以下の内角が存在する)、四辺形の対辺比が極端に異なるパート(例えば、四辺形パート403には、対向する線分の長さの比が1:5以上の部分が存在する)、三角形パート404等を区別化して表示する。パート定義は形状モデルの領域内だけで行われるので、穴の部分にはパートは生成されない。また、四辺形パートや三角形パートにならなかった部分(例えば、405は五辺形でありパートにはならない)は塗りつぶし表示等の処理をしないことで操作者がそれを認識することが可能である。

【0009】図5は形状モデルの面データとパートデータの表現手段を簡略化して示したものである。506は線分端点の2次元座標値を格納する座標値データテーブル、505は506にリンクして線分の始点ID(SP03)と終点ID(EP03)を表す線データテーブル、502は形状モデルの全ての境界線(外形線ループと穴ループ)を構成する線分のID列が格納されているループデータテーブルであり、形状モデルデータテーブル501のSP01とEP01とによりループデータテーブル502の適当な区間を指示することで形状モデル

の一面データを表現する。本例は直線のみで構成された形状モデルに対する表現手段であるが、円弧などの曲線を含む形状モデルの場合は、始点と終点の他に、線分の種類と曲線の特徴点を指示する項目を線データテーブル505に追加する。尚、形状モデルの境界線とはならない、形状モデルに追加される補助線分の情報と相貫線の情報は505と506で表現される。パートデータの表現もパートデータテーブル503とループデータテーブル504を用いて、形状モデルの表現と同様に行う。

【0010】形状モデルから四辺形あるいは三角形を抽出する処理を高速に行うため、図5の形状情報テーブルを予め検索して角度情報テーブルを作成する。図6は五角形に補助線を1本追加した形状と、その角度情報テーブルの例である。1から6は形状モデルを構成する線分のID、①から⑤は端点を共有する各線分の端点のIDであり、形状内部に存在する全ての線分間角度を点IDを基準にして求める。例えば、点②は線分2、線分3、線分6の3本の線分に共有されているが、これを「点②を共有する線分1(ID=2)と線分2(ID=6)の成す角が45度」および「点②を共有する線分1(ID=6)と線分2(ID=3)の成す角が60度」というように表現する。便宜上、他の線分と接続していない線分の端点に関しては、当該端点IDをX、線分IDをYとすると「点Xを共有する線分1(ID=Y)と線分2(ID=Y)の成す角が360度」というように表現する。この角度情報テーブルの他に、各点が共有する線分の数を求めた共有線数テーブルと、各線分の長さを求めた線分長テーブルを予め作成する。形状モデルを認識する手段は、上記の形状モデルデータを検索して、四辺形ループあるいは三角形ループを構成する閉じた線分群を選出するが、この際パートを重複して定義することを防止するため、形状モデルの境界線に関してはその始点から終点方向あるいは終点から始点方向のいずれか1方向に、また、相貫線や形状モデル中に追加された境界線以外の線分に関しては始点から終点方向および終点から始点方向の2方向にそれぞれ1回だけ検査する。これを図7に示す。太線で示した701と702はそれぞれ形状モデルの外形の境界線と穴の境界線である。また、中線で示した703他はパートを作成するための補助線分である。パートのある1点からパート境界をたどって最初の点に戻る道すがら反時計回りになるようにパートを作成した場合(図7の矢印で示した方向)、境界線は1回、その他の線分は双方向に2回使われるので、これにより、全ての線分を検索して重複なくパートが作成できる。

【0011】図8は本発明が四辺形と認識する形状を説明する図である。四辺形の内部に完全に他の線分が包含されている状態(801)、および、四辺形の何れかの頂点を共有し、もう一方の端点が開放端点(共有する線分を持たない)である線分が四辺形の内部に存在してい

る状態(802)は、操作者が対話的に補助線分を追加する際に頻繁に発生する事象なので、内部の線分を無視して四辺形と認識するが、四辺形状の領域の何れかの辺と交差する他の線分が存在する状態(803)は実際には五辺形となるので四辺形とは認識しない。また、凹四辺形(180度以上の内角が存在する四辺形;804)は、本実施例では四辺形パートとは認識しないが、認識の可否は容易に変更が可能である。

【0012】図9から図10はパート自動生成部におけるパート生成のための線分検索処理の概略図である。また、この部分の詳細を図11から図15のPAD図に示す。(但し、図15は図11から図13の中で使用しているサブルーチン“NEXTLN”のPAD図である)ここで使用している主な変数について説明する。

【0013】(1)形状モデル入力部によりセットされる変数

・LINENO:形状モデルを構成する線分の総数

以下、 $1 \leq x1 \leq \text{LINENO}$

・ILINES(1, x1):線分の始点ID

ILINES(2, x1):線分の終点ID

ILINES(3, x1):境界番号(形状モデルの外形ループ、穴ループにユニークに付けた番号)、但し、形状モデルに追加された線分の場合は-1

・RLENGS(x1):各線分の長さを求めた線分長テーブル

・INNERP:形状モデルに含まれる内角の総数

以下、 $1 \leq x2 \leq \text{INNERP}$

・INODES(1, x2), INODES(2, x2), INODES(3, x2), RTHETA(x2):点[INODES(1, x2)]を共有する線分1(ID=[INODES(2, x2)])と線分2(ID=[INODES(3, x2)])の成す角が[RTHETA(x2)]であることを示すテーブル

・NTIMES(x2):各点が共有する線分数を求めた共有線数テーブル

(2)パート自動生成部で使用する変数

・ILINES(4, x1):当該線分が完全に検査済みのとき-1をセット

ILINES(5, x1), ILINES(6, x1):当該線分を点

[ILINES(5, x1)]から点[ILINES(6, x1)]の方向に検査したことを記憶する変数

・IPMAX:四辺形パートと三角形パートの総数
以下、 $1 \leq x3 \leq \text{IPMAX}$

・IPART(1, x3), IPART(2, x3), IPART(3, x3), IPART(4, x3):パートを構成する線分のIDを格納するテーブル(但し、三角形パートの場合はIPART(4, x3)に0を代入する)

・IPCHK(x3):パート形状評価用テーブル(初期値は0であるが、四辺形パートの対辺長比が大きい場

合、パートの内角が比較的大きいまたは小さい場合それぞれ内容を1ずつ増分する。三角形パートの場合は-1を代入する)

・INPC:形状モデルの全域がパートに分割されたときのみ0とする

・RLN(x4), LID(x4), ANG(x4):1つのパートを構成する線分の長さ、線分ID、内角を一時的に格納するテーブル($1 \leq x4 \leq 4$)

尚、図15に示したサブルーチン“NEXTLN”は、与線(IL1)の一方の端点(IN1)に隣接する線分の中から最も結合角の小さい線分(IL2)とその結合角(ANG1)を求める手続きである。

【0014】最後に、配列変数IPCHK(パート形状評価用テーブル)の内容に基づき、各パートを、操作者の注意を促す形態、例えば、目立つ色で当該パートを塗りつぶす、あるいは、他と異なるハッチングパターンを使用する等の方法で表示装置に区別化して表示する。それを見た操作者は必要であれば形状モデルに追加した線分を修正し、パート定義からの操作を繰り返すことが可能であり、また、修正の必要が無ければ、操作者が入力したメッシュの具体的な分割数に基づき、各パートを細分化して有限要素メッシュモデルを作成する。

【0015】

【発明の効果】本発明によれば、形状モデルに補助線分を追加してパートを作成する際に、分割された形状モデルの四辺形あるいは三角形を操作者が逐一指示する必要が無くなり、さらに、パート形状の適正の度合いを客観的に評価して表示するので、必要に応じて操作者がパート形状を修正することで解析精度の高いパートの作成が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の全体ブロック図。

【図2】形状モデル入力部101で作成した形状モデルの説明図。

【図3】適当な補助線分を追加した状態の形状モデルを表す説明図。

【図4】パートの表示例の説明図。

【図5】形状モデルの面データとパートデータの表現手段の説明図。

【図6】形状モデルと角度情報テーブルの例の説明図。

【図7】線分の検索方式の説明図。

【図8】四辺形と認識する形状の説明図。

【図9】パート生成のための線分検索処理の説明図。

【図10】パート生成のための線分検索処理の説明図。

【図11】パート自動生成部における四辺形または三角形を構成する線分の検索処理と形状評価処理とパート生成処理のPAD図。

【図12】パート自動生成部における四辺形または三角形を構成する線分の検索処理と形状評価処理とパート生成処理のPAD図。

【図13】パート自動生成部における四辺形または三角形を構成する線分の検索処理と形状評価処理とパート生成処理のPAD図。

【図14】パート自動生成部における四辺形または三角形を構成する線分の検索処理と形状評価処理とパート生成処理のPAD図。

【図15】パート自動生成部における四辺形または三角

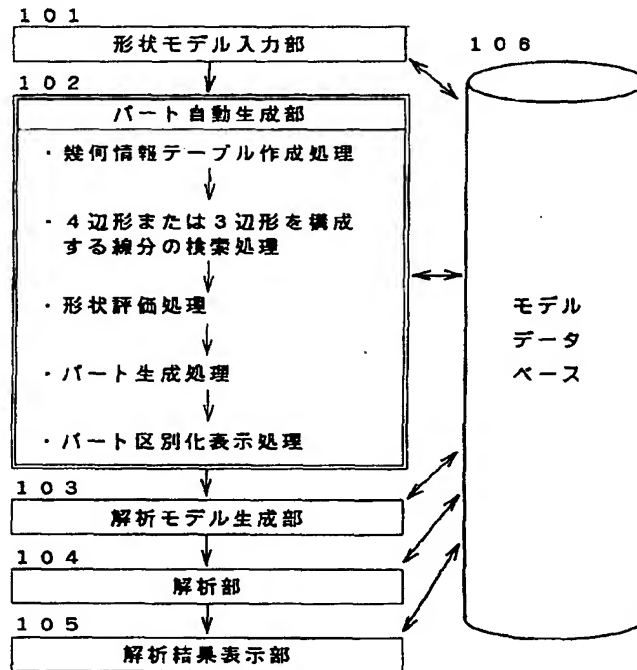
形を構成する線分の検索処理と形状評価処理とパート生成処理のPAD図。

【符号の説明】

101…形状モデル入力部、102…パート自動生成部、103…解析モデル生成部、104…解析部、105…解析結果表示部、106…モデルデータベース。

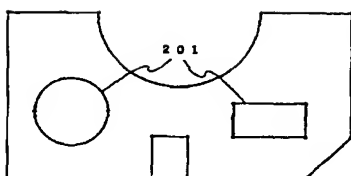
【図1】

図 1



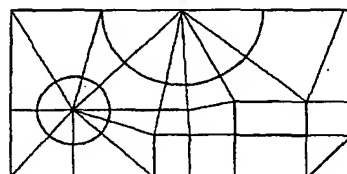
【図2】

図 2

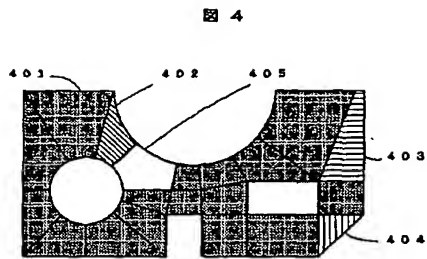


【図3】

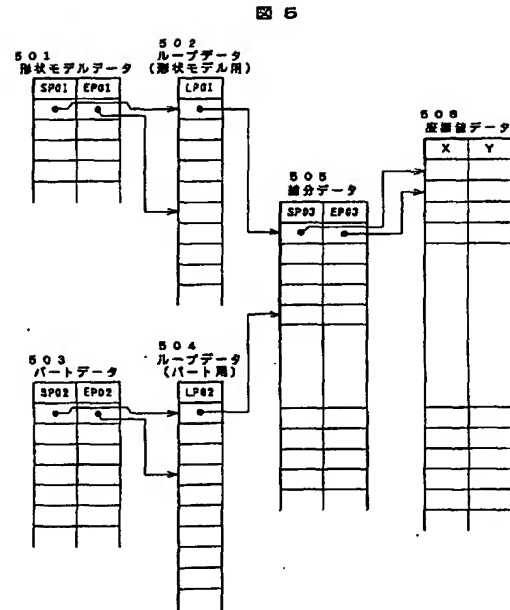
図 3



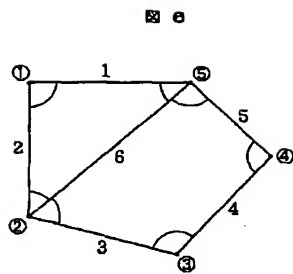
【図4】



【図5】



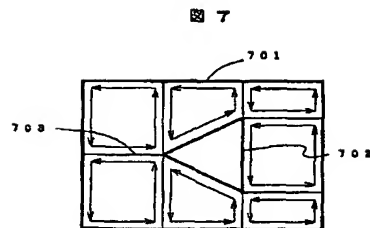
【図6】



角度情報テーブル

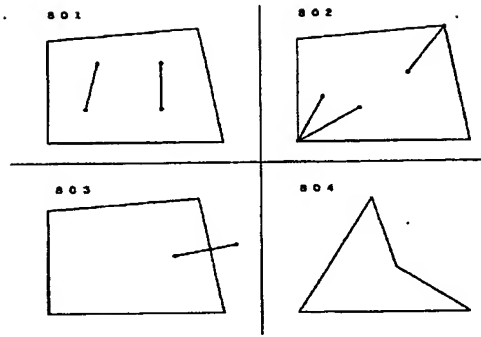
点ID	隣分1 ID	隣分2 ID	角度
①	1	2	90.0
②	2	3	45.0
③	3	4	60.0
④	4	5	110.0
⑤	5	1	90.0

【図7】



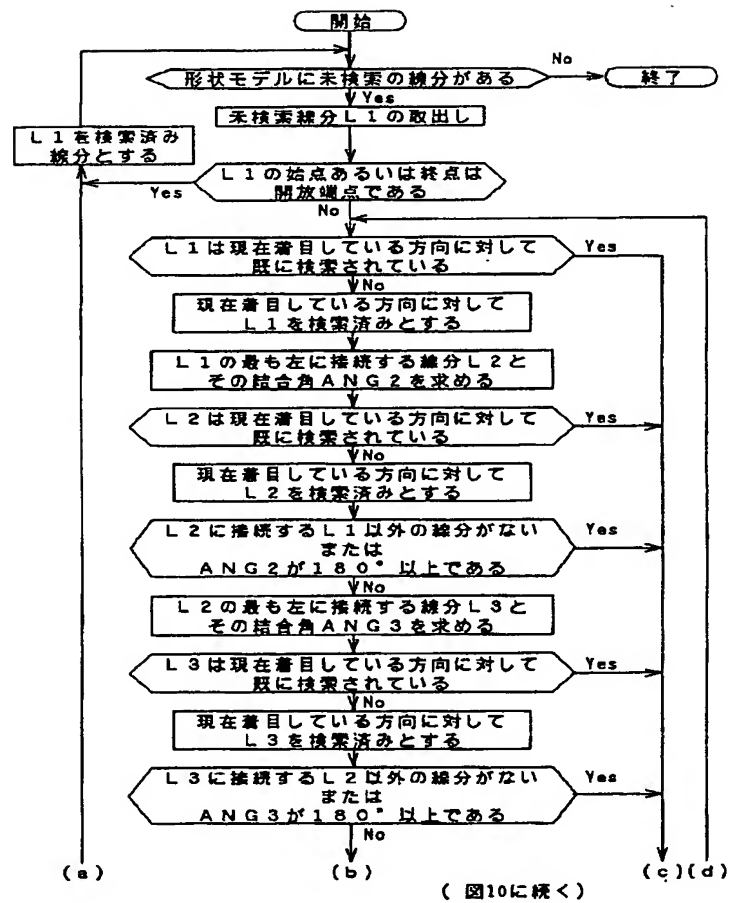
【図8】

図 8



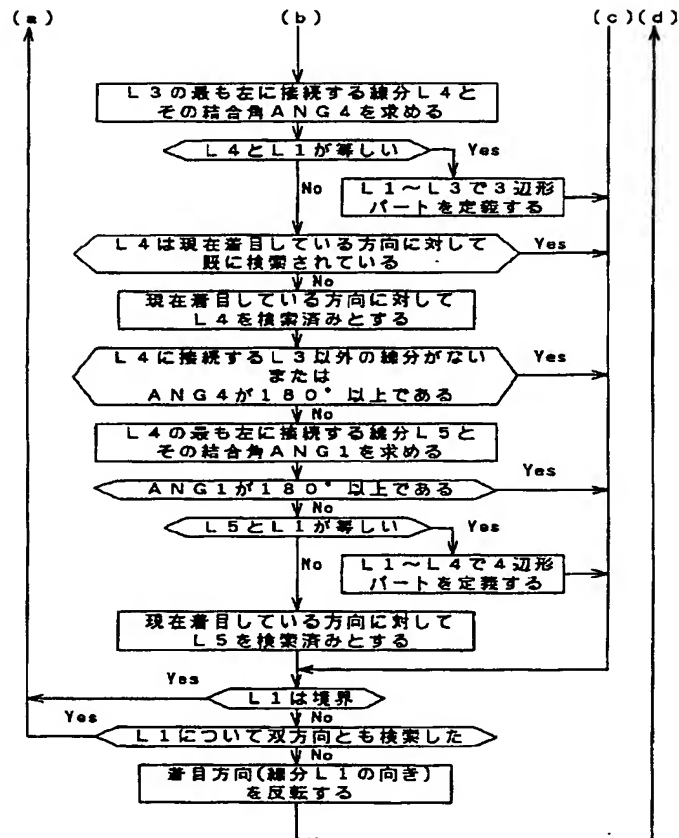
【図9】

図 9



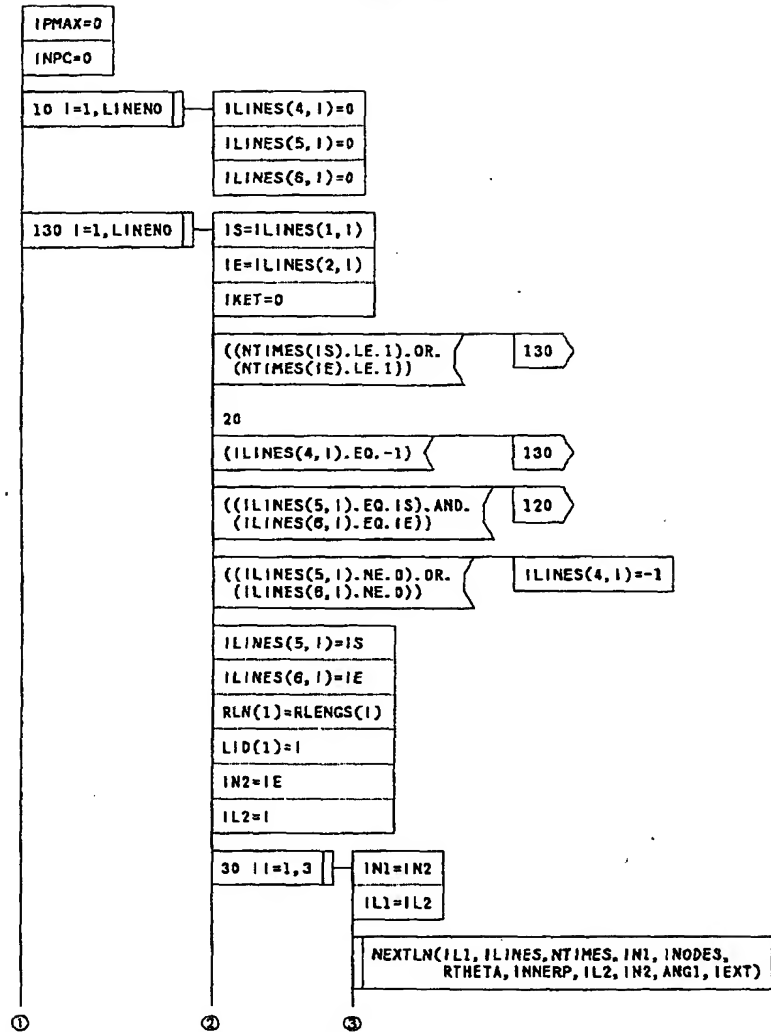
【図10】

図 10



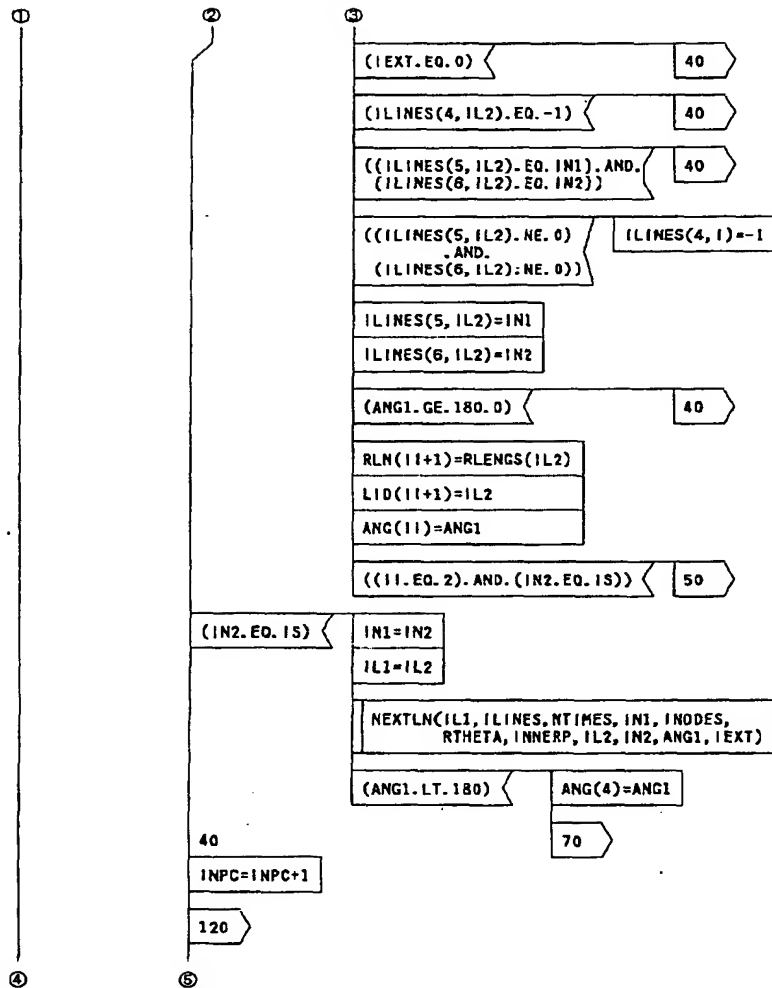
【図11】

図 11



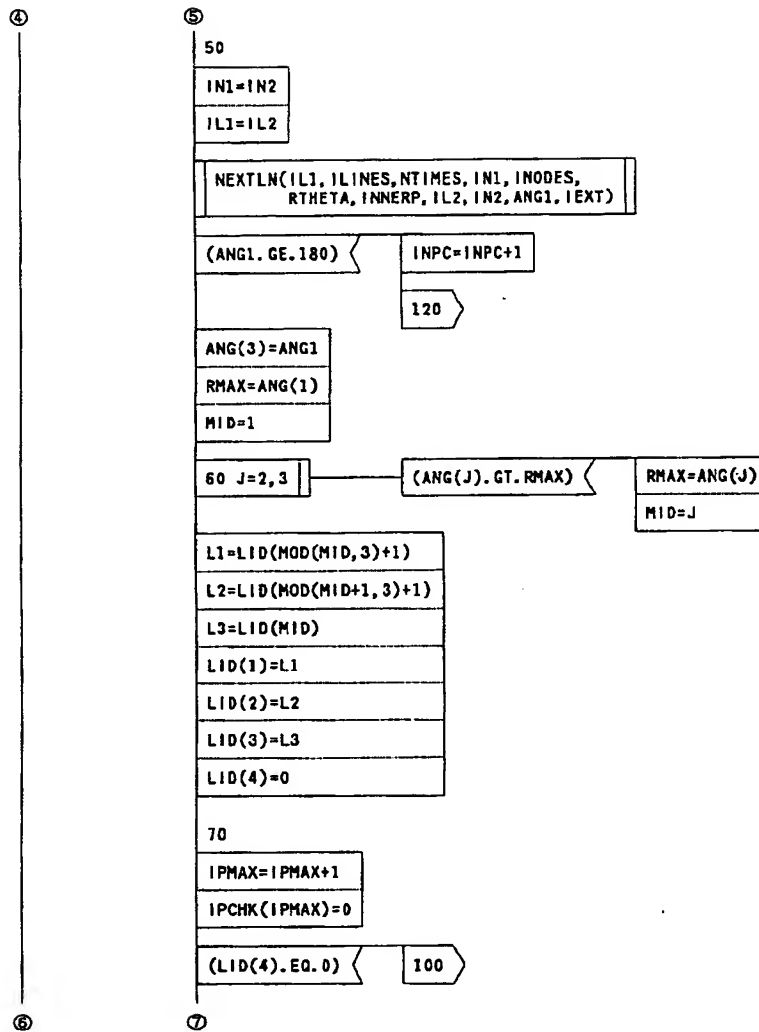
【図12】

図 12



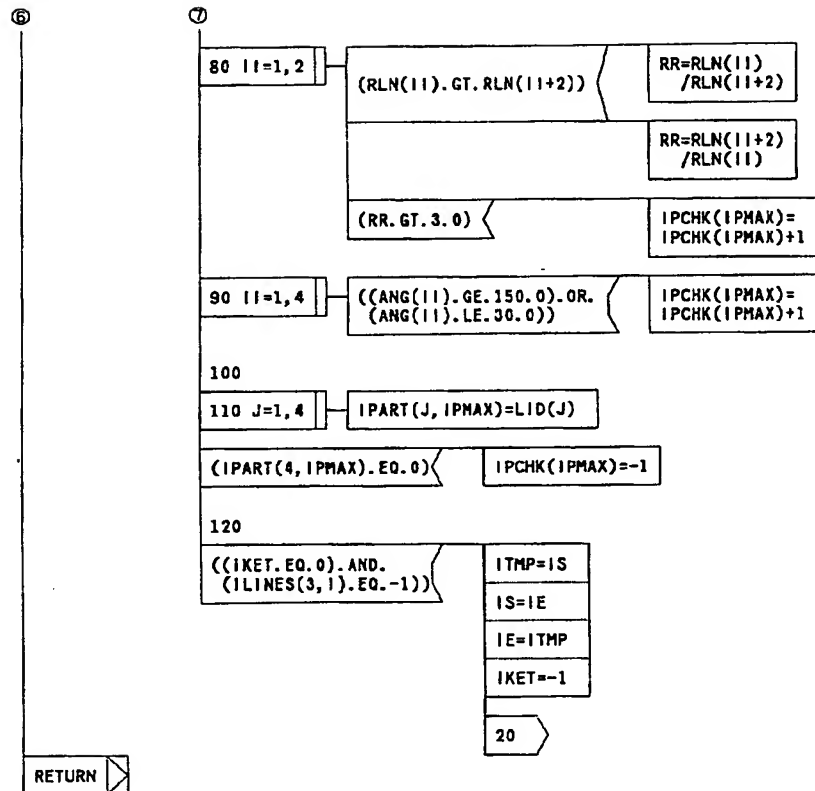
【図13】

図 13



【図14】

図 14



【図15】

図 15

